سؤال 1. با توجه به ویژگی‌های شبکه‌های مدار مجازی و دیتاگرام به سوالات زیر پاسخ دهید.

الف. فرض کنید مسیریاب‌ها در وضعیتی هستند که به‌دفعات از کار می‌افتند، در این شرایط کدام معماری ارجحیت دارد؟ شرح دهید.

در شبکه‌های اتصال گرا ازکارافتادن هر مسیریاب، موجب مسیریابی مجدد اتصال می‌شود. حداقل نیازمند این هست که یک مسیر جدید از گره مبدأ به مسیریاب بالادستی مسیریاب از کارافتاده ایجاد شود که برای این کار احتیاج داریم سیگنالینگ های لازم برای برقراری یک مسیر را انجام دهیم. همچنین لازم است اتصال قدیمی از گره مبدأ به مسیریاب ازکارافتاده را با انجام سیگنالینگ های لازم قطع کنیم.

در شبکه‌های بدون اتصال دیتا گرام نیازمند انجام هیچ‌گونه سیگنالینگ برای برقراری یا قطع اتصال نداریم. تنها کاری که باید صورت گیرد به‌روزرسانی جدول‌های مسیریابی است این کار با الگوریتم‌های بردار-فاصله یا وضعیت لینک انجام می‌شود. اگر از الگوریتم بردار-فاصله استفاده شود تغییرات جدول مسیریابی تنها در مسیریاب‌های اطراف مسیریاب‌های ازکارافتاده رخ خواهد داد.

بنابراین در این شرایط استفاده از معماری دیتا گرام ارجح‌تر است.

ب. فرض کنید گره مبدأ و مقصد برای ترافیک بین خود نیاز دارند که مقدار مشخصی از ظرفیت مسیریاب‌های مسیر به آن‌ها تخصیص داده شود. در این شرایط کدام معماری ارجحیت دارد؟ شرح دهید.

برای اینکه یک مسیریاب مقدار مشخصی از ظرفیت مسیر بین یک مبدأ و مقصد را نگهداری کند لازم است که مسیریاب وضعیت هر نشست را داشته باشد که این امر در شبکه‌های مدار مجازی امکان‌پذیر است.

بنابراین در این شرایط استفاده از معماری مدار مجازی ارجح‌تر است.

ج. فرض کنید لینک‌ها و مسیریاب‌های یک شبکه هرگز دچار نقص و خرابی نمی‌شوند، و مسیرهای شبکه (بین هر زوج مبدأ و مقصد) همواره ثابت هستند. در این شرایط سربار کنترل ترافیک کدام معماری بیشتراست؟ شرح دهید.

در این سناریو به علت اضافه کردن سرآیند به هر بسته که برای مسیریابی استفاده می‌شوند، سرباره‌ی کنترل ترافیک در معماری دیتا گرام بیشتر است اما در معماری مدار مجازی همه مسیرها و اتصالات یک‌بار برقرار می‌شوند و تغییری نخواهند کرد بنابراین سربار سیگنالینگ در بلندمدت ناچیز خواهد بود.

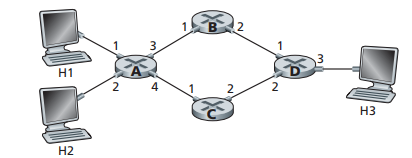
بنابراین در این شرایط استفاده از معماری مدار مجازی ارجح‌تر است.

سؤال 2. شبکه‌ی زیر را در نظر بگیرید:

الف. اگر این شبکه یک شبکه دیتاگرام باشد، با این فرض که تمامی ترافیک­های مربوط به H3 از طریق interface شماره­ 3 مسیریاب A ارسال می‌شوند جدول جلورانی (Forwarding table) آن را رسم کنید. آیا می­توانید جدول جلورانی مربوط به مسیریاب A را طوری بنویسید که تمام ترافیک ارسالی از H1 به H3 از طریق رابط شماره­ی 3 ارسال شود و ترافیک ارسالی از H2 به H3 از طریق رابط شماره­ی 4 ارسال شود؟

ب. اکنون فرض کنید که این شبکه یک شبکه­ی مدار مجازی است و یک تماس بین H1 و H3 وجود دارد و یک تماس دیگر بین H2 و H3 وجود دارد. جدول جلورانی مربوط به مسیریاب A را بنویسید، به‌طوری‌که همه‌ی ترافیک­های ارسال‌شده از H1 به H3 از طریق رابط شماره­ی 3 و ترافیک ارسالی از H2 به H3 از طریق رابط شماره­ی 4 ارسال شود.

ج. با فرض سناریوی مشابه بخش قبل، جدول جلورانی مربوط به گره­های B، C و D را بنویسید.



الف) داده­های ارسالی به مقصد H3 از طریق رابط شماره­ی 3 ارسال می­شوند.

|  |  |
| --- | --- |
| آدرس مقصد | رابط |
| H3 | 3 |

با توجه به این‌که جدول جلورانی در هر مسیریاب با توجه به آدرس مقصد است، پس نمی­توان ترافیک ارسالی از H2 به H3 را از طریق رابط شماره­ی 4 ارسال کرد.

ب) توجه داشته باشید که شماره­ی VC مربوط به هر دو جریان می­تواند یکی باشد.

Incoming interface Incoming VC# Outgoing Interface Outgoing VC#

1 12 3 22

2 63 4 18

ج)

Router B.

Incoming interface Incoming VC# Outgoing Interface Outgoing VC#

1 22 2 24

Router C.

Incoming interface Incoming VC# Outgoing Interface Outgoing VC#

1 18 2 50

Router D.

Incoming interface Incoming VC# Outgoing Interface Outgoing VC#

1 24 3 70

2 50 3 76

سؤال 3. می‌خواهیم یک دیتاگرام 2400 بایتی را روی لینکی که MTU آن 700 بایت است، بفرستیم، فرض کنید شماره شناسه دیتاگرام اولیه 422 است. این دیتاگرام به چندتکه باید تقسیم شود؟ مقدار فیلدهای مرتبط با تکه‌سازی (مانند Identification ، fragment offset، total length و more fragment) را در هر یک از این دیتاگرام‌ها تعیین کنید.

ازآنجاکه MTU 700 بایتی است و سرآیند IP 20 بایتی است و از طرفی 680 بزرگ‌ترین عدد مضرب 8 هست که کوچک‌تر یا مساوی 680 است به‌عبارت‌دیگر 680 بر 8 بخش‌پذیر است بنابراین حداکثر 680 بایت داده در هر fragment می‌توانیم داشته باشیم. دیتا گرام اولیه هم شامل 20 بایت سرآیند IP است بنابراین تعداد کل fragment ها از رابطه زیر به دست می‌آید:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| more bit | fragment offset | total length(شامل سرآیند IP) | Identification number |
| 1 | 0 | 700 | 422 |
| 1 | 85 | 700 | 422 |
| 1 | 170 | 700 | 422 |
| 0 | 255 | 360 | 422 |

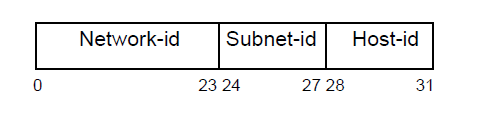
سؤال 4. تمامی subnet mask های ممکن برای فضای آدرس کلاس C را مشخص کنید. تمامی subnet mask ها را در فرمت ده‌دهی (a.b.c.d) لیست کنید و مشخص کنید که هر subnet چه تعداد میزبان[[1]](#footnote-1) را پشتیبانی می‌کند؟

|  |  |
| --- | --- |
| تعداد میزبان‌ها(بدون در نظر گرفتن آدرس broadcast) | Subnet mask |
| 254 | 255.255.255.0 |
| 126 | 255.255.255.128 |
| 62 | 255.255.255.192 |
| 30 | 255.255.255.224 |
| 14 | 255.255.255.240 |
| 6 | 255.255.255.248 |
| 2 | 255.255.255.252 |

لازم به ذکر است که subnet mask های 255.255.255.254 و 255.255.255.255 عملاً قابل‌استفاده نیستند.

سؤال 5. یک سازمان کوچک یک محدوده آدرس کلاس C دارد. این آدرس برای 7 شبکه که هرکدام دارای 24 میزبان هستند، استفاده می‌شود. Subnet mask مناسب این آدرس چیست؟

مطابق شکل زیر در کلاس C به 24 بیت برای Network-id نیاز داریم. بنابراین 8 بیت باقی خواهد ماند که از بین آن‌ها 3 بیت را به subnet-id اختصاص می‌دهیم تا بتواند از 7 شبکه پشتیبانی کند و 5 بیت باقیمانده هم برای پشتیبانی از 24 میزبان در هر زیر شبکه کافی است.



Subnet mask: 255.255.255.224

سؤال 6. در یک سازمان آدرس IP یک میزبان 150.32.64.34 و subnet mask آن 255.255.240.0 است، آدرس این زیر شبکه[[2]](#footnote-2) چیست؟ محدوده آدرس IP که یک میزبان در این زیر شبکه می‌تواند داشته باشد، چیست؟

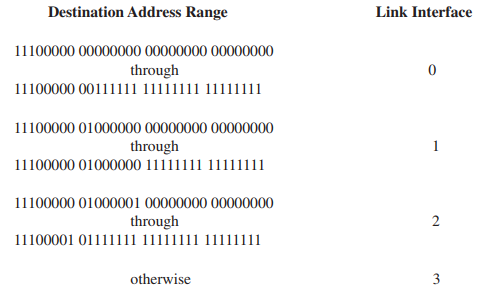
برای به دست آوردن آدرس زیر شبکه کافی است آدرس IP و subnet mask را باهم and منطقی کنیم. برای این کار آدرس IP و subnet mask را از حالت ده‌دهی به دودویی تبدیل می‌کنیم.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 10010110 00100000 01000000 00100010 | 150.32.64.34 | آدرس IP |
| 11111111 11111111 11110000 00000000 | 255.255.240.0 | Subnet Mask |
| 10010110 00100000 01000000 00000000 | 150.32.64.0 | آدرس زیر شبکه |

محدوده میزبان‌هایی که این زیر شبکه می‌تواند داشته باشد به‌صورت زیر است:

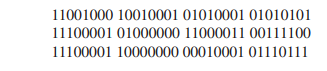
|  |  |
| --- | --- |
| 10010110 00100000 01000000 00000001 | از |
| 10010110 00100000 01000000 11111110 | تا |

سؤال 7. یک شبکه دیتاگرام که از آدرس 32 بیتی استفاده می‌کند را در نظر بگیرید. مسیریابی را با چهار لینک در نظر بگیرید که از 0 تا 3 شماره­گذاری شده است و بسته­ها به واسط‌های مربوط به لینک­ها به‌صورت زیر ارسال می­شوند:



الف. جدول جلورانی که شامل پنج سطر باشد و از قاعده Longest Prefix Match استفاده می‌کند را طراحی کنید.

ب. توضیح دهید که چگونه این جدول جلورانی، خروجی مناسب را برای دیتا گرام‌هایی با آدرس مقصدهای زیر انتخاب می‌کند:



الف)

Prefix Match Link Interface

11100000 00 0

11100000 01000000 1

1110000 2

11100001 1 3

otherwise 3

دقت کنید که اولین آدرس بعد از

11100001 01111111 11111111 11111111

آدرس

11100001 01111111 11111111 11111111

است که در سطر چهارم جدول قرار داده‌شده است. آدرس‌هایی که با این سطر Match بشوند باید از واسط سوم خارج شوند. حال با خیال راحت می‌توان آدرس 1110000 را در سطر چهارم قرارداد: بسته‌هایی که با آدرس 11100000 00 تطبیق پیدا می‌کنند از واسط صفرم خارج می‌شوند. بعدازاین آدرس، آدرس 11100000 01 وجود دارد که البته همه این فضا به یک واسط خروجی هدایت نمی‌شوند. بلکه اگر بسته با 11100000 01000000 تطبیق پیدا کرد از واسط اول خارج می‌شود. بعدازاین آدرس شبکه 11100000 01000001 شروع می‌شود که دقیقاً شروع آدرس‌هایی است که باید از واسط شماره دوم خارج شود. ما کل بسته‌هایی که با الگوی 1110000 تطابق پیدا کند را به واسط شماره دوم هدایت می‌کنیم مگر اینکه با آدرس 11100001 1 تطابق پیدا کند که در آن صورت از واسط سوم خارج می‌شود.

ب)

پیشوند مطابق پنجمین ردیف جدول است، پس از طریق رابط شماره­ی 3 ارسال می­شود.

پیشوند مطابق سومین ردیف جدول است، پس از طریق رابط شماره­ی 2 ارسال می­شود.

پیشوند مطابق چهارمین ردیف جدول است، پس از طریق رابط شماره­ی 3 ارسال می­شود.

سؤال 8. *فرض* کنید دو بسته به‌صورت هم‌زمان به دو پورت ورودی متفاوت از یک مسیریاب می­رسند. همچنین فرض کنید که هیچ بسته­ی دیگری در مسیریاب وجود ندارد.

الف. فرض کنید که این دو بسته به دو پورت خروجی متفاوت ارسال می­شوند. آیا می­توان دو بسته را به‌طور هم­زمان از طریق switch fabric ای که از shared-bus استفاده می­کند، ارسال کرد؟

خیر، در هرلحظه فقط می‌توان یک بسته را از طریق shared-bus ارسال کرد.

ب. فرض کنید که این دو بسته به دو پورت خروجی متفاوت ارسال می­شوند. آیا می­توان دو بسته را به‌طور هم­زمان از طریق switch fabric ای که از crossbar استفاده می­کند، ارسال کرد؟

بله، تا زمانی که دو بسته از bus ورودی و خروجی متفاوتی استفاده کنند، می‌توانند به‌صورت موازی ارسال شوند.

ج. فرض کنید که این دو بسته به یک پورت خروجی یکسان ارسال می­شوند. آیا می­توان دو بسته را به‌طور هم­زمان از طریق switch fabric ای که از crossbar استفاده می­کند، ارسال کرد؟

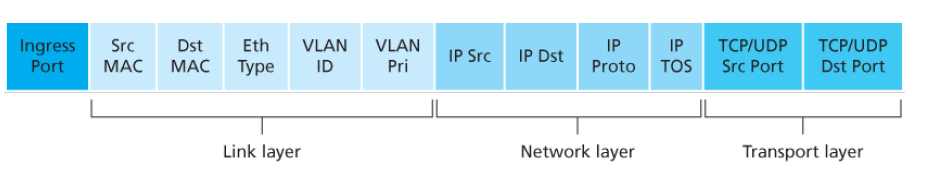
خیر، ارسال دو بسته از طریق bus خروجی یکسان به‌صورت هم‌زمان امکان‌پذیر نیست.

سؤال 9. با توجه به شکل 4.28 کتاب مرجع، قسمت‌های مختلف Flow table را شرح دهید. همچنین توضیح دهید matching و action در Open-Flow چگونه انجام می‌شود.

این شکل یک جدول match-plus-action را نشان می‌دهد که در هر سوئیچ وجود دارد. این جدول توسط یک کنترلر راه دور محاسبه، به‌روزرسانی و ایجاد می‌شود که به آن اصطلاحاً flow table گفته می‌شود. هر سطر از این جدول شامل موارد زیر است:

* یک مجموعه از فیلدهای سرآیند که بسته‌های واردشده به سوئیچ با آن‌ها match خواهند شد و بسته‌هایی که با هیچ‌کدام از سطرهای جدول جریان match نشوند برای پردازش بیشتر به سمت کنترلر ارسال خواهند شد.
* یک مجموعه از counter ها که به‌محض match شدن بسته با یک سطر از جدول جریان به‌روزرسانی خواهد شد. این counter می‌تواند شامل تعداد دفعات match شدن بسته‌ها با سطرهای جدول جریان و آخرین زمان به‌روزرسانی سطر جدول جریان باشد.
* یک مجموعه از action ها که در صورت match شدن بسته‌ها با یک سطر جدول جریان اعمال خواهند شد. این action ها ممکن است پورت خروجی یک بسته را مشخص کنند، بسته را دور بی اندازد، از بسته کپی بگیرد و آن را به چندین پورت خروجی ارسال کند و یا تعدادی از فیلدهای سرآیند بسته را بازنویسی کند.

Matching: شکل زیر یازده فیلد سرآیند بسته به همراه پورت ورودی آن را نشان می‌دهد:



وقتی یک فریم لایه دو به سوئیچ می‌رسد شامل دیتا گرام لایه سه و سگمنت لایه چهار در payload است. در نگاه اول مشاهده می‌کنیم که open-flow matching بر اساس فیلدهای منتخب از سه لایه‌ی پروتکل لایه‌ای (که با آن آشنایی داریم) است. آدرس‌های MAC مبدأ و مقصد مشخص‌شده در شکل آدرس‌های لایه پیوند داده است که واسط دریافتی و ارسالی فریم را مشخص می‌کند. با Forwarding توسط آدرس اترنت به‌جای آدرس IP می‌توان مشاهده کرد که یک دستگاه مجهز به open-flow می‌تواند هم به‌صورت یک مسیریاب لایه سه برای هدایت دیتا گرام و هم به‌صورت یک سوئیچ لایه دو برای هدایت frame ها استفاده شود. فیلد Ethernet Type به پروتکل لایه بالاتر گزارش می‌کند که کدام payload frame دی مالتی پلکس شود. فیلد VLAN نیز شبکه محلی مجازی را مشخص می‌کند.

Action: همان‌طور که در شکل 4.28 نشان داده‌شده است هر سطر از جدول جریان می‌توان لیستی از صفر تا چندین action داشته باشد که پردازشی که روی بسته‌ای که match شده است را مشخص می‌کند. اگر لیست دارای چندین action باشد به همان ترتیبی که مشخص‌شده‌اند اجرا می‌شوند. مهم‌ترین action های ممکن عبارت است از:

* Forwarding: یک بسته ورودی به سمت یک پورت فیزیکی سوئیچ هدایت‌شده، یا به همه پورت‌ها broadcast می‌شود و یا به یک مجموعه از پورت‌های موجود multicast می‌شود. همچنین امکان دارد بسته encapsulate شود و به سمت کنترلر ارسال شود.
* Dropping: یک سطر از جدول جریان که هیچ action ای ندارد مشخص می‌کند که بسته match شده باید دور انداخته شود.
* Modify-Field: این امکان وجود دارد که مقادیر ده فیلد سرآیند بسته (شامل سرآیندهای لایه‌های 3،2و4 به‌جز فیلد IP Protocol که در شکل بالا نشان داده‌شده است) قبل از ارسال به خروجی موردنظر بازنویسی شود.

سؤال 10. با در نظر داشتن فناوری SDN به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف. توضیح دهید در صورت رسیدن یک بسته به سوئیچ که در جدول جریان آن سوئیچ، جریان ترافیکی آن بسته تعریف‌نشده است چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

بسته‌ها از سوئیچ به سمت کنترلر ارسال می‌شود. سپس کنترلر پس از بررسی بسته چک می‌کند که آیا احتیاج به ایجاد یک سطر جدید در جدول جریان در سوئیچ هست یا نه. اگر احتیاج باشد، یک سطر جدید برای جدول جریان سوئیچ ارسال می‌شود و بسته نیز به همراه اطلاعات اینکه از کدام پورت سوئیچ باید خارج شود، برای سوئیچ ارسال می‌شود.

ب. چه اطلاعاتی در هر سطر جدول جریان (Flow rule) وجود دارد؟

* Match: شامل اطلاعاتی نظیر شماره پورت ورودی، سرآیند بسته و متا دیتاهایی از جدول جریان قبلی
* Action: پس از match شدن مشخص می‌کند که چه عملی انجام شود.
* Priority: اگر چندین rule به‌صورت هم‌زمان match شوند این فیلد مشخص می‌کند که اولویت اجرا با کدام است.
* Counter: تعداد دفعات matching را نشان می‌دهد.
* Time-Out: زمان انقضای rule را مشخص می‌کند.

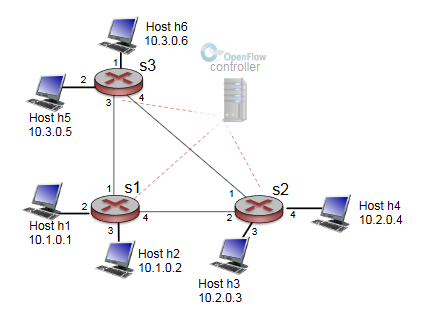
ج. درصورتی‌که یک flow rule منقضی شود چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

این rule از سوئیچ حذف خواهد شد و بسته‌هایی که با این rule باید تطبیق پیدا می‌کردند باید فرآیند گفته‌شده در قسمت الف را مجدداً طی کنند.

سؤال 11. شبکه SDN OpenFlow زیر را در نظر بگیرید. فرض کنید رفتار مطلوب با رسیدن دیتا گرام از میزبان‌های h3 و h4 به s2 به‌صورت زیر است:

* هر دیتا گرامی که از h3 با مقصد h1، h2، h5 یا h6 می‌رسد باید در جهت عقربه‌های ساعت در شبکه ارسال شود.
* هر دیتا گرامی که از h4 با مقصد h1، h2، h5 یا h6 می‌رسد باید در خلاف جهت عقربه‌های ساعت در شبکه ارسال شود.

سطرهای جدول جریان s2 را که رفتار بالا برای جلورانی را پیاده‌سازی می‌کنند را مشخص کنید.



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| جدول جریان سوئیچ S2 | | |
| Action | Match | |
| Forward(2) | IP.Dest=10.1.\*.\* | 3=پورت ورودی |
| Forward(2) | IP.Dest=10.3.\*.\* | 3=پورت ورودی |
| Forward(1) | IP.Dest=10.1.\*.\* | 4=پورت ورودی |
| Forward(1) | IP.Dest=10.3.\*.\* | 4=پورت ورودی |

**در صورت هرگونه مشکل یا سوال درخصوص تمرین‌ها و پروژه‌های درس شبکه‌های کامپیوتری با آقای افشاری (**[**mhafshari@aut.ac.ir**](mailto:mhafshari@aut.ac.ir)**) تماس بگیرید.**

**در صورت هرگونه مشکل یا سؤال در خصوص تمرین­ها و پروژه­های درس "شبکه­های کامپیوتری 1" می­توانید**

**با آقای پویان حبیبی (pooyan\_habibi@aut.ac.ir) تماس بگیرید.**

1. Host [↑](#footnote-ref-1)
2. subnet [↑](#footnote-ref-2)